

---

# CAPÍTULO 1

## *Introducción y objetivos*

---

### 1.1. INTRODUCCIÓN

Muchos son los parámetros a tener en cuenta a la hora de planificar y gestionar el territorio y sus redes de comunicación. A tal efecto, en el *Departament de Política Territorial i Obres Públiques (DPTOP)*, y más concretamente en la *Secretaria per a la Planificació Territorial*, se ha venido desarrollando en los últimos años el sistema SIMCAT (Sistema de Información y Modelización para la Evaluación de Políticas Territoriales en Catalunya).

El sistema SIMCAT, concebido como herramienta de apoyo a la Planificación Territorial, realiza básicamente dos tipos de análisis: de oferta y de demanda.

Los análisis de oferta evalúan la competitividad de la red mediante análisis de caminos mínimos, como pueden ser la definición de la funcionalidad de una vía o la calidad de la red (distancia y velocidad para unir puntos del territorio, distancia a la red desde puntos del territorio). Algunas de las propuestas que pueden salir para la planificación, fruto de este tipo de análisis, son el acondicionamiento o el cambio de funcionalidad de una vía.

Los análisis de demanda analizan el nivel de servicio de una vía, des del punto de vista de los usuarios, incluyendo un modelo de previsión de la demanda a partir de escenarios futuros macroeconómicos, demográficos y de actividades. En este sentido, el SIMCAT está preparado para realizar modelos de demanda de cuatro etapas: Generación, Distribución, Reparto modal y Asignación.

El SIMCAT contiene, además de modelos de previsión y evaluación, utilidades de gestión y análisis de redes de transporte, un gestor de bases de datos, herramientas de análisis estadístico y de mapificación y otras que posibilitan salidas gráficas. Realizado inicialmente sobre tecnología *Bridges MS* (desarrollada por Mcrit - consultoría externa), el sistema SIMCAT se está migrando actualmente a *GeoMedia Transportation Analyst*, la versión más completa y avanzada del SIG *Geomedia*.

Dentro del marco del SIMCAT, se plantea la programación, validación y evaluación de una herramienta que permita, a partir de cartografía, calcular radios de curvatura, velocidades específicas, velocidades de planeamiento y, finalmente, tiempos y velocidades de recorrido libre. Dicho programa deberá ser capaz de interactuar con las herramientas de información geográfica, siendo esta interacción de doble sentido. Es decir, que el programa es capaz de obtener la información de la cartografía y también de devolver, en forma de atributos, los resultados obtenidos a los Sistemas de Información Geográfica.

La programación de esta herramienta constituye la mayor parte del trabajo realizado en la presente Tesina de Especialidad; el código se ha construido en *Microsoft Visual Basic 6.0*

y el Sistema de Información Geográfica (*SIG*) con el que interacciona la herramienta es *Geomedia Profesional 5.2* (y *GeoMedia Transportation Analyst*). De hecho, se trata de una aplicación que se ejecuta desde *Geomedia*.

El verdadero punto fuerte de la herramienta desarrollada es que, por primera vez, se ha elaborado una rutina de una cierta entidad para el cálculo de velocidades y tiempos de recorrido libre. Esta velocidad de recorrido libre, una vez calculada para toda la red catalana, constituye una información de base fundamental para la aplicación del SIMCAT (o cualquier otro sistema similar de gestión del territorio). El SIMCAT calcula lo que denominamos *camino mínimo* para asignar los costes del transporte; en este cálculo cobra una tremenda importancia un elemento, una *impedancia*, que no es otro que el tiempo de recorrido. El problema es que hasta ahora los tiempos de recorrido se han venido calculando de formas bastante heterogéneas o poco precisas.

En lo referente a tiempos de recorrido por carretera, en el mejor de los casos el cálculo se venía realizando mediante *coche flotante*, que consiste en recorrer un determinado tramo de carretera con un vehículo, de modo que éste adelante a tantos vehículos como le adelanten. Teóricamente, se repite esta operación entre 5 y 10 veces y se obtiene el tiempo de recorrido medio. El problema es que hacer un estudio de este tipo para toda la red de carreteras de Catalunya es muy costoso y, aunque en el *Departament* se han hecho esfuerzos en este sentido, lamentablemente los últimos datos de *coche flotante* a los que se ha dado validez datan de 1981. (En el año 2000 se llevó a cabo una nueva campaña de *coche flotante* por parte de *INTRA*, con el objetivo de reconocer la red comarcal, pero finalmente los resultados obtenidos no fueron validados por parte del *DPTOP*). Estos datos de medida de campo, cuando el estudio se realiza de forma adecuada, constituyen un muy buen indicador pero, a pesar de ello, los resultados obtenidos no son totalmente homogéneos, ya que se trata de un cálculo necesariamente ligado a la capacidad del tramo estudiado, no existe velocidad libre. Esta heterogeneidad se acrecienta al conjugar los datos disponibles de *coche flotante* con otros resultados obtenidos mediante métodos mucho más “groseros”, como por ejemplo dividir la longitud del tramo por una cierta velocidad estándar definida según la clasificación de la vía (método, este último, muy impreciso y, sin embargo, muy usado).

En el caso del ferrocarril, sí que disponemos de tiempos de recorrido bastante precisos, debido a que tenemos los horarios de paso entre estaciones. Sin embargo, en algunas líneas de la red catalana (las más antiguas sobretodo) el tiempo de recorrido no tiene ya tanto que ver con las características geométricas del trazado como con el estado de conservación de las vías. En estos casos, no existe actualmente un modo de calcular un valor de referencia del tiempo de recorrido que se podría alcanzar simplemente acondicionando el balasto, por ejemplo. En este sentido, el programa que se ha elaborado nos proporciona el tiempo de recorrido teórico, condicionado únicamente por la geometría del trazado.

La herramienta desarrollada realiza un cálculo de la velocidad de recorrido libre, tratando de simular de la forma más precisa posible cómo evoluciona la velocidad en cada punto del trazado, adaptándose a las variaciones en la geometría del mismo, tanto en planta (radios de curvatura) como en alzado (pendientes). La velocidad calculada en cada punto del trazado está condicionada por la geometría de la vía, no sólo en ese punto concreto, sino en el conjunto del tramo (o *arco*) al que pertenece.

Además de proporcionarnos una buena información de base de la red existente (a partir de la cuál podremos aplicar modelos basados en la demanda, la capacidad, etc.) la aplicación que se ha programado nos permite valorar también los nuevos proyectos y nos proporciona un elemento de juicio objetivo y homogéneo para poder evaluar diferentes alternativas.

Otra de las ventajas que presenta la herramienta desarrollada, respecto a los métodos utilizados hasta ahora, es que la podemos aplicar de forma simultánea a una red (viaria o ferroviaria) completa. De este modo, no tan solo obtenemos unos resultados totalmente homogéneos e independientes de la capacidad (congestión) de la vía, sino que además ahorramos una enorme cantidad de tiempo y dinero.

El hecho de que la herramienta sea capaz de interactuar con los Sistemas de Información Geográfica, obteniendo directamente de cartografía las características geométricas del trazado, nos ahorra también el laborioso (y costoso) trabajo de realizar un reconocimiento del trazado *in situ*. En este sentido, el *Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC)*, en convenio con el *DPTOP* firmado en el año 1999, realizó un reconocimiento de la red de carreteras catalanas mediante un recorrido *in situ* con tecnología *GPS*. El equipo de captura de datos consistía en un vehículo con dos receptores *GPS* monofrecuencia montados sobre el vehículo, un ordenador portátil conectado al receptor operativo en cada momento, un odómetro y un giroscopio. Se recorrieron aproximadamente 12.000 km de carretera y el proyecto tuvo un presupuesto inicial de 436.664,28 euros.

En el caso de disponer de un reconocimiento de radios previo a la ejecución del programa, éste se puede ejecutar en una versión más reducida, en la que simplemente se ha suprimido el tratamiento de la información cartográfica.

En cualquier caso, al ejecutar el programa se muestra un *formulario* en pantalla, que el usuario deberá rellenar para adecuar la ejecución del mismo a lo que se requiera en cada momento. La elaboración de este formulario ha pretendido en todo momento dotar a la herramienta programada de la máxima *flexibilidad* posible. Este formulario permite definir las distintas variables que condicionarán el recorrido libre del vehículo, así como el tratamiento de la información cartográfica.

La herramienta desarrollada se incorpora al sistema SIMCAT para la evaluación de Políticas Territoriales en Catalunya; de hecho, una primera versión del modelo desarrollado (más modesta) se ha utilizado ya para aplicar el sistema SIMCAT en la elaboración del actual Plan de Carreteras de Catalunya. El sistema de información y modelización del SIMCAT, una vez incorporada ya la versión definitiva del programa, se aplicará al Plan de Carreteras (PCC) y al Plan de Infraestructuras Ferroviarias, así como a los Planes Territoriales (Comarcas Centrales, Ponente, Alto Pirineo y Arán).

El texto de la Tesina tratará de exponer los criterios aplicados en la elaboración del programa en cuestión, así como el proceso que sigue el mismo, que podemos dividir en tres grandes bloques:

- 1) *Caracterización de la base cartográfica.*
- 2) *Cálculo de la velocidad específica en función del radio.*
- 3) *Velocidad de recorrido libre: tiempo de recorrido.*

El análisis de errores tendrá también un notable protagonismo en el presente texto, con la intención de determinar un margen de confianza para los resultados obtenidos al ejecutar el programa.

Una vez justificado analíticamente el error *teórico* que se deriva de la aplicación del modelo propuesto, contrastaremos los resultados obtenidos mediante la ejecución de la herramienta con datos reales de estudios realizados con los procedimientos *estándares* más precisos (*coche flotante*).

Por último, como una imagen vale más que mil palabras, mostraremos algunos ejemplos de aplicación de la herramienta desarrollada.

## 1.2. OBJETIVOS

Los objetivos estratégicos de la Tesina han quedado implícitamente expuestos en la Introducción; no obstante, este apartado pretende concretar los objetivos operativos de la misma, que se listan a continuación:

- 1) Analizar y describir las distintas fuentes de información cartográfica disponibles, así como el error inherente en cada una de ellas.
- 2) Programar una herramienta que, a partir de cartografía, sea capaz de hacer un reconocimiento de radios a lo largo de cualquier trazado.
- 3) Estudiar y programar los criterios de velocidad específica en función del trazado, a partir de la Norma de Trazado de Carreteras [1] y la Norma de RENFE [2].
- 4) Estudiar los criterios que definen la velocidad de recorrido libre, en condiciones de comodidad y seguridad, para acabar programando una herramienta capaz de calcular el tiempo de recorrido y la velocidad de recorrido libre de cualquier tramo.
- 5) Encontrar un margen de confianza, una aproximación analítica al error cometido en la aplicación del modelo utilizado.
- 6) Aplicar la herramienta desarrollada a la red de carreteras de Catalunya para la determinación de tiempos de recorrido libre.
- 7) Contrastar los resultados obtenidos con los datos disponibles de campañas de trabajo de campo (*coche flotante*).